

## **Análisis estadístico de los resultados geoquímicos de los granitos de Cerros Colorados y Aguas Blancas (Sierras Australes de la prov. de Buenos Aires)**

L.E. Grecco (\*); S.A. Marfil (\*\*); P.J. Maiza (\*\*\*)

(\*) Universidad Nacional del Sur

(\*\*) Becaria CIC

(\*\*\*) Investigador Conicet

### **RESUMEN**

*Se realizó un estudio estadístico multivariado por los métodos de Componentes Principales y Análisis Discriminante con los resultados de los análisis químicos de los granitos peraluminosos de Cerros Colorados y Aguas Blancas.*

*Con Componentes Principales, se determinó que ambos intrusivos son similares, si bien se encontraron algunas diferencias en las variables involucradas.*

*El análisis Discriminante permitió diferenciar los granitos estudiados sólo en base al contenido de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Los resultados obtenidos coinciden con la génesis determinada a partir de los datos geoquímicos y petrológicos.*

**PALABRAS CLAVES:** Geoquímica - Análisis multivariado - Granitos

### **ABSTRACT**

*A multivariate statistical analysis (Principal Components and Discriminant Analysis), of chemical data of peraluminous granites of Cerros Colorados and Aguas Blancas was carried out.*

*Principal Components was used to confirm the resemblance between both intrusives, although there were some differences in the involved variables.*

*The discriminant analysis allowed to differentiate the studied granites only by  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  contents. The results agree with the genesis determined from the geochemical and petrological data.*

**KEY WORDS:** Geochemistry - Multivariate analysis - Granites

### **INTRODUCCION**

En las Sierras Australes de la Prov. de Buenos Aires, entre los meridianos  $62^\circ$  y  $62^\circ 30'$  de longitud oeste y los paralelos de  $37^\circ 50'$  y  $38^\circ 10'$ , aflora un conjunto de cuerpos ígneos de composición granítica

y características peraluminosas. (Figura N° 1).

Se ha definido una evolución magmática de las rocas ígneas del área, que va desde la generación de un complejo gnéisico acompañado por metamorfismo de facies de esquistos verdes hasta una intrusión de

granitos seguido de riolitas.

En base a dataciones radiométricas, la edad para este ciclo sería Precámbrico tardío - Cámbrico. (Von Gosen et al. 1990).

Estos intrusivos peraluminosos fueron objeto de estudios geológicos, petrológicos y geoquímicos, en particular los de Cerros Colorados y Aguas Blancas (Grecco 1990). Sobre la base de esos estudios se estableció un cuadro genético evolutivo:

1. Los intrusivos tienen composición de leucomonzogranitos con afinidades tipo S de Chappell y White (1974) y de Collins et al. (1982).

2. Se emplazaron en altos niveles corticales (granitos corticales de Lameyre y Bowden 1982) a partir de fundidos pobres en agua de naturaleza metasedimentaria (pelitas).

3. Estos cuerpos cristalizaron a presiones de 0.5 a 1 Kbar. La presencia de flúor en el fundido granítico provoca una disminución en la temperatura de cristalización, la que se estima en 650 °C.

El objeto de este trabajo es verificar mediante un análisis estadístico multivariado (Componentes Principales y Análisis Discriminante), la similitud de los cuerpos estudiados desde el punto de vista geoquímico y petrológico.

## METODOLOGIA ANALITICA

Se realizaron análisis químicos de muestras de los diferentes tipos de granitos, con determinaciones analíticas de elementos mayoritarios y minoritarios. Se determinaron por gravimetría,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}^*$ , por volumetría  $\text{FeO}$ , por colorimetría,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  total, por fotometría de llama  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$  y por espectrometría de absorción atómica,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  y  $\text{MnO}$ .

## MÉTODOS ESTADÍSTICOS

Se utilizó el método de componentes principales para definir el esquema principal de variación mineralógica en cada uno de los intrusivos estudiados y el método de análisis discriminante (Johnson y Wichern 1982), para determinar si existen diferencias desde el punto de vista estadístico en la composición de ambos cuerpos graníticos.

El método de Componentes Principales consiste en simplificar la estructura de las variables, traducida en una matriz de covarianza o correlación. Define nuevas variables basándose en esa matriz, las que serán combinación lineal de las originales, de forma

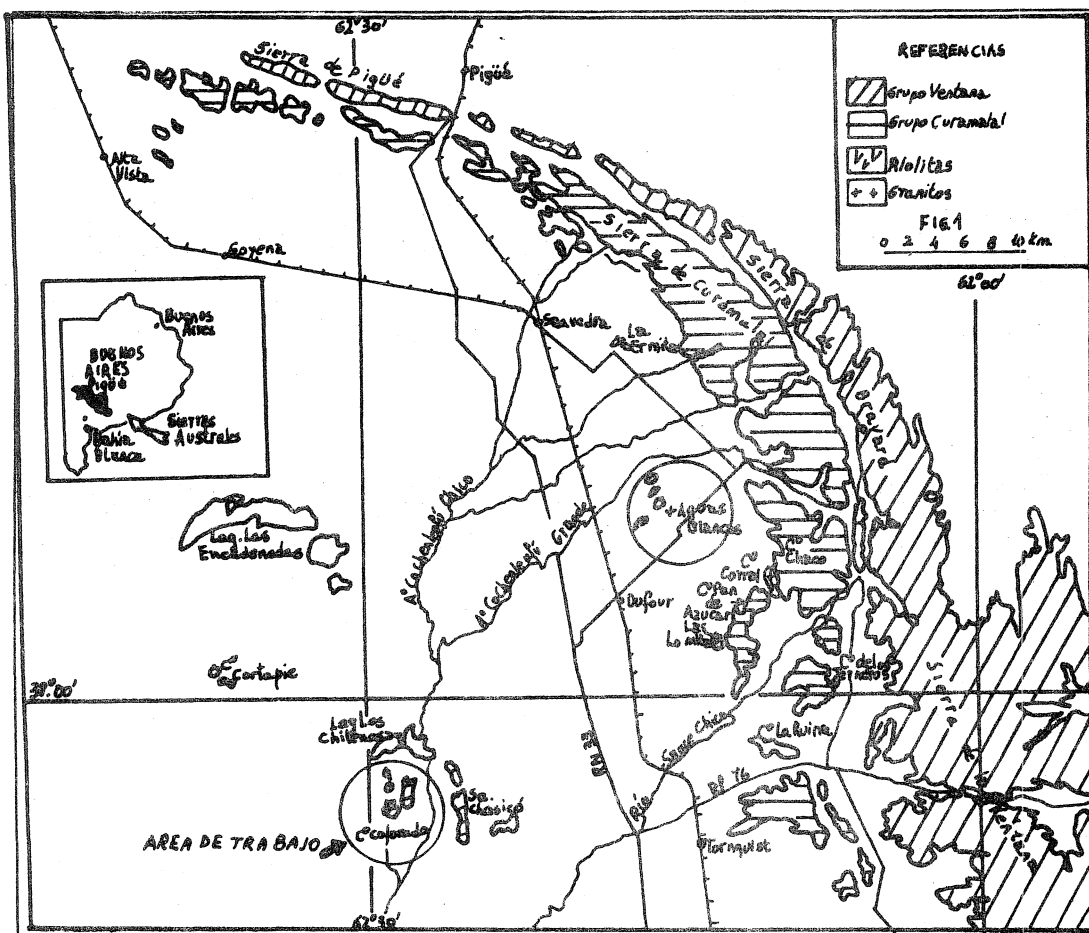


FIGURA N° 1 (Basado en Suero, 1960)

tal que cada una concentre la mayor variabilidad y que sean linealmente independientes.

La aplicación de este método permitió determinar para cada intrusivo, cuáles de las ocho variables utilizadas muestran mayor variabilidad y como se relacionan entre sí.

El análisis conjunto de ambos cuerpos permitió clasificar a las muestras según su composición predominante.

Por otra parte se utilizó el análisis discriminante con el fin de evaluar la diferencia química entre ambos intrusivos. El método utilizado consiste en seleccionar las variables que más separan a las dos poblaciones. Para ello se calcula el estadístico F del Anova correspondiente para cada variable y se selecciona aquella que tenga el F mayor, siempre que supere un valor crítico dado, fijado en 4. Esto asegura además que las poblaciones son estadísticamente distintas. Una vez seleccionada la variable, se realiza un análisis de covarianza para las restantes usando como covariable la seleccionada en primer lugar y se repite el proceso anterior de selección en base a los nuevos F. Se siguen adicionando variables hasta que ningún F supere el valor crítico. Una vez seleccionadas las variables se busca la función discriminante, es decir una combinación lineal de las variables que más separe a las poblaciones.

El análisis se realizó sobre ocho elementos mayoritarios ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  y  $\text{TiO}_2$ ).

Se consideró el  $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$  como una única variable. Los datos corresponden a porcentajes en peso.

#### AMBIENTE GEOLÓGICO, PETROGRAFÍA, GEOQUÍMICA

##### GEOLOGÍA

Los intrusivos Cerros Colorados y Aguas Blancas se caracterizan por ser cuerpos de tamaño pequeño, aproximadamente del orden del  $\text{Km}^2$ . El primero, es un asomo subelíptico de aproximadamente 400 metros de largo en dirección sudoeste, por unos 300 metros de ancho. Está compuesto por rocas graníticas de tendencia leucocrática con textura granuda y abundancia de feldespato potásico y cuarzo.

El segundo es también un asomo de forma subelíptica de aproximadamente 185 metros de largo en dirección sudoeste por unos 165 metros, sin relación visible con la cubierta sedimentaria. Está compuesto por granitos porfíricos y aplíticos de tonalidad rosada a gris.

Estos granitoides se encuentran formando parte de una basamento complejo integrado por paragneises de diferentes composiciones, granitos con pegmatitas y metariolitas.

Los paragneises están afectados por dos deformaciones y acompañados por un metamorfismo de facies de esquistos verdes. Según dataciones radiométricas la edad de estos eventos sería Precámbrico - Cámbrico (655  $\pm$  33 m.a.) (Von Gosen et al. op. cit.). Por otro lado el granito se encuentra integrando el complejo gnéisico y al igual que las metariolitas, que representan la parte superior del complejo, no están afectados por las deformaciones de los paragneises. El complejo está cubierto por sedimentos clásticos (Ordovícico).

Durante el período Cambro-Ordovícico-Pérmico, se depositó la sucesión paleozoica integrada por los grupos Curamalal, Ventana y Pillahuincó.

##### PETROGRAFÍA

Los granitoides son de grano medio a grueso, de tonalidades rojizas y grises, con textura equigranular a porfiroide; en menor proporción aparecen granitos aplíticos y pegmatíticos.

En el cuadro I se muestra el análisis modal realizado sobre cortes delgados de rocas graníticas y en el cuadro II los parámetros estadísticos de la moda.

CUADRO I

Muestra	Cuarzo	Fel. Alc.	Plagioc.	Flog./Musc.	Accesorios
G1 <sub>C</sub>	44.45	25.30	29.10	0.70	0.45
G2 <sub>C</sub>	29.76	44.37	20.47	4.40	1.00
G3 <sub>C</sub>	35.45	40.10	20.40	3.65	0.40
G4 <sub>C</sub>	46.50	21.30	25.30	5.40	1.50
G5 <sub>C</sub>	43.70	29.70	24.60	1.60	0.40
G8 <sub>C</sub>	41.00	35.20	20.30	3.00	0.50
G16 <sub>C</sub>	33.20	36.10	29.00	1.10	0.60
G19 <sub>C</sub>	38.00	40.00	21.00	0.70	0.30
G20 <sub>C</sub>	34.30	26.70	36.60	1.90	0.40
G22 <sub>C</sub>	24.40	46.40	23.20	4.50	1.50
G23 <sub>C</sub>	52.80	20.00	22.20	4.00	1.00
G24 <sub>C</sub>	29.20	38.00	29.50	2.60	0.70
G26 <sub>C</sub>	34.00	19.80	43.80	1.00	0.60
G31 <sub>C</sub>	32.50	27.10	38.00	2.00	0.40
G2 <sub>A</sub>	45.10	23.60	25.30	4.50	1.50
G3 <sub>A</sub>	35.55	15.55	44.40	4.00	0.50
G9 <sub>A</sub>	32.60	28.70	32.90	4.80	1.00
G13 <sub>A</sub>	46.10	26.00	26.62	0.63	0.60
G14 <sub>A</sub>	43.10	18.10	36.30	2.20	0.30
G15 <sub>A</sub>	40.50	22.00	35.50	1.60	0.40
G17 <sub>A</sub>	29.60	31.90	32.10	5.30	1.10
G18 <sub>A</sub>	47.60	18.40	30.70	3.00	0.30
G22 <sub>A</sub>	40.40	25.60	31.90	1.60	0.50

##### Referencias Cuadros I y II

Fel. Alc. : Feldespato alcalino. Biot/Musc : Biotita/Muscovita Plagioc.: Plagioclase  
Flog/Musc.: Flogopita/muscovita  
C: Cerros Colorados

CUADRO II

Cerros Colorados				Aguas Blancas			
Minerales	Intervalo	X	$\sigma$	Minerales	Intervalo	X	$\sigma$
Cuarzo	24.40 - 52.80	37.15	7.71	Cuarzo	29.60 - 47.60	40.06	6.26
Fel. Alc.	19.80 - 46.40	32.15	9.04	Fel. Alc.	15.55 - 31.90	23.32	5.35
Plagioc.	20.30 - 43.80	27.39	7.45	Plagioc.	25.30 - 44.40	32.86	5.64
Flog/Musc.	0.70 - 5.40	2.61	1.56	Biot/Musc.	0.63 - 5.30	3.07	1.65

## A: Aguas Blancas

## GEOQUÍMICA

En el cuadro III se presentan los resultados de los análisis químicos de los intrusivos Cerros Colorados y Aguas Blancas.

Se determinó además la presencia de flúor cuyo contenido oscila entre 0.33% y 1.85% para Cerros Colorados, con una media de 0.83% y entre 0.38% y 1.48% para Aguas Blancas con un valor medio de 1.37%.

La distribución de la mayoría de los componentes ( $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) versus  $\text{SiO}_2$  se muestran dispersos en los diagramas de variación tipo Harker (Grecco, 1990) y con escasa correlación; la  $\text{Al}_2\text{O}_3$  parece estar mejor correlacionada con la  $\text{SiO}_2$  en las muestras de Cerros Colorados.

## RESULTADOS DEL ANALISIS ESTADISTICO

## INTRUSIVO CERROS COLORADOS

En el cuadro IV se muestran los resultados del análisis estadístico. La primer componente principal expresa la oposición de la  $\text{SiO}_2$  vs.  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ , explicando el 65.80% de la variación total. La segunda componente principal, está dada por  $\text{Na}_2\text{O} + \text{CaO}$  vs.  $\text{K}_2\text{O}$ . Las dos primeras componentes explican el 91.15% de la varianza total, por lo que se resolvió trabajar en el plano de las mismas. La variable mejor representada en este plano es la  $\text{SiO}_2$  con un 98.97%. Los porcentajes para el resto de las variables involucradas son  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 77.88\%$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 41.32\%$ ;  $\text{Na}_2\text{O} = 75.80\%$ ;  $\text{CaO} = 63.79\%$  y  $\text{K}_2\text{O} = 95.03\%$ ; no intervinieron prácticamente el  $\text{MgO}$  y el  $\text{TiO}_2$ . La relación inversa entre la  $\text{SiO}_2$  vs.  $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  queda reflejada en la primer componente y puede observarse en el gráfico de los vectores de las variables (Figura N° 2), al igual que la relación inversa entre el  $\text{K}_2\text{O}$  vs.  $\text{Na}_2\text{O} + \text{CaO}$ , reflejado por la segunda componente principal.

Las dos primeras componentes principales y la correlación existente entre las variables expresan, de acuerdo a lo revelado sobre bases petrográficas-geoquímicas, la ausencia de un proceso de fraccionamiento magmático, que estaría caracterizado, desde el punto de vista mineralógico, por la variación contrapuesta en el contenido de biotita + plagioclasa cálcica

respecto de cuarzo + feldespato potásico.

Para el intrusivo Cerros Colorados, la relación  $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$ , que se expresa en la primer componente, indicaría el carácter pelítico del material de origen (alto contenido en  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , justificado por la presencia de abundante muscovita primaria).

Además, se trata de un cuerpo mayoritariamente peraluminoso, con valores de peraluminosidad entre 1.02 y 1.18. En general se observa para el intrusivo Cerros Colorados una disminución de la peraluminosidad con el aumento del contenido de sílice.

La alineación y correlación de las muestras evidencian filiación cosanguínea en un proceso evolutivo en equilibrio sólido - líquido de carácter anatóctico.

La segunda componente expresa la variación de los álcalis, ( $\text{K}_2\text{O}$  vs.  $\text{Na}_2\text{O} + \text{CaO}$ ), implicando desde el punto de vista mineralógico la relación plagioclasa/feldespato potásico.

A partir del diagrama ortogonal de Shand se observa que el extremo composicional más diferenciado del intrusivo Cerros Colorados, presenta valores de peralcalinidad cercanos a 2, es decir aumento de álcalis respecto de la alúmina.

## Intrusivo Aguas Blancas

Los resultados para las dos primeras componentes se muestran en el cuadro IV.

En este caso la primer componente está dada por la variación de la  $\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ , explicando el 81.15

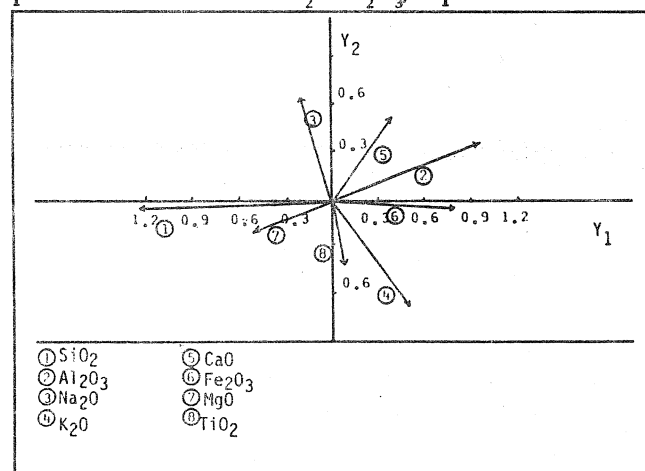


Figura N° 2

CUADRO III

Muestra N°	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3T</sub>	MgO	TiO <sub>2</sub>
G1 <sub>C</sub>	74.27	13.07	2.90	6.36	0.10	1.30	0.12	0.08
G2 <sub>C</sub>	77.18	11.95	3.27	5.73	0.10	0.94	0.10	0.08
G3 <sub>C</sub>	76.18	12.52	4.07	3.84	0.46	1.35	0.10	0.05
G4 <sub>C</sub>	77.36	11.63	3.17	4.68	0.17	1.04	0.10	0.11
G5 <sub>C</sub>	75.49	12.99	3.65	5.25	0.26	1.16	0.10	0.10
G8 <sub>C</sub>	76.09	12.34	3.48	4.88	0.28	1.36	0.10	0.11
G9 <sub>C</sub>	75.75	13.16	4.58	3.67	0.58	0.92	0.01	0.06
G16 <sub>C</sub>	75.28	13.29	3.76	5.26	0.51	1.19	0.09	0.08
G19 <sub>C</sub>	75.77	12.70	3.78	4.65	0.57	0.86	0.01	0.08
G20 <sub>C</sub>	76.45	12.29	4.00	4.83	0.10	0.95	0.10	0.06
G22 <sub>C</sub>	76.02	13.12	3.53	4.10	0.48	1.19	0.13	0.07
G23 <sub>C</sub>	74.01	13.32	3.49	4.88	0.87	1.55	0.06	0.06
G24 <sub>C</sub>	74.75	13.65	3.83	4.91	0.50	1.19	0.09	0.08
G26 <sub>C</sub>	77.91	12.75	3.97	4.33	0.54	0.48	0.20	0.04
G31 <sub>C</sub>	74.69	13.02	3.70	4.95	0.49	1.47	0.04	0.04
X	75.81	12.79	3.68	4.82	0.40	1.13	0.09	0.07
G2 <sub>A</sub>	76.05	12.85	3.20	4.64	0.70	1.50	0.15	0.04
G3 <sub>A</sub>	74.35	13.29	3.79	4.45	0.90	1.44	0.06	0.02
G9 <sub>A</sub>	72.34	12.95	4.43	4.26	0.10	1.21	0.04	0.05
G13 <sub>A</sub>	73.70	13.01	3.17	4.58	0.70	1.92	0.07	0.12
G14 <sub>A</sub>	71.26	14.30	4.22	4.14	0.70	1.12	0.03	0.12
G15 <sub>A</sub>	75.40	13.29	4.47	4.20	0.21	1.80	0.46	0.03
G17 <sub>GA</sub>	75.62	13.89	3.68	4.26	0.16	1.94	0.19	0.05
G17 <sub>RA</sub>	73.18	13.35	3.68	4.26	0.13	1.39	0.11	0.05
G18 <sub>A</sub>	76.85	14.03	3.66	3.46	0.70	1.11	0.04	0.16
G19 <sub>A</sub>	69.45	11.29	4.09	3.92	0.90	1.19	0.04	0.25
G22 <sub>A</sub>	69.49	12.46	4.09	3.92	0.90	0.78	0.04	0.25
X	73.43	13.15	3.86	4.19	0.55	1.40	0.11	0.10

C= Cerros Colorados A= Aguas Blancas

% de la varianza total.

La segunda componente expresa principalmente la variación en el contenido de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y con menor importancia en el de K<sub>2</sub>O. Las dos primeras componentes explican el 84.97 % de la varianza total.

La relación entre las variables puede observarse en el gráfico de la figura N° 3.

Nuevamente se observa la marcada influencia de la peraluminosidad que muestra este cuerpo, con un índice entre 1.0 y 1.3 (presenta biotita y muscovita primaria); además es importante mencionar a la

plagioclasa sódica (albita) participando de una mineralización precoz.

CUADRO IV

Variables	Cerros Colorados		Aguas Blancas		
	CP1	CP2	CP1	CP2	CP3
SiO <sub>2</sub>	-0.99283	-0.06354	-0.99982	-0.00719	0.00930
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.75969	0.44909	-0.03301	0.99745	-0.01645
Na <sub>2</sub> O	-0.17418	0.85301	0.30340	0.24506	0.88256
K <sub>2</sub> O	0.39672	-0.89047	-0.32803	0.53549	-0.36678
CaO	0.33476	0.72513	0.24603	-0.09461	-0.58056
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.64027	-0.05744	-0.78367	-0.05411	-0.07559
MgO	-0.39488	-0.29043	-0.46855	0.12049	0.41694
TiO <sub>2</sub>	0.08426	-0.52702	0.45599	-0.41450	-0.09871

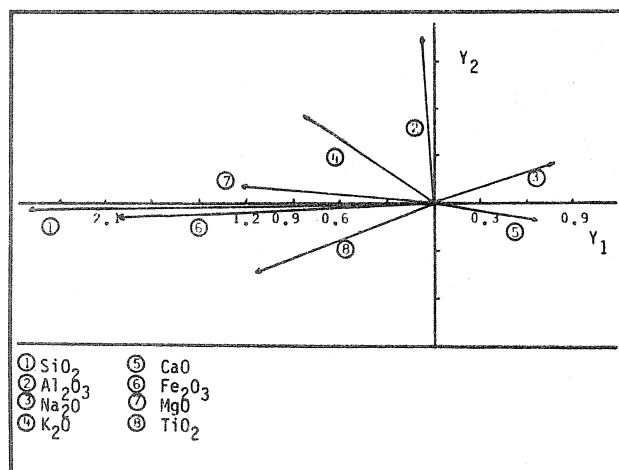


Figura N°3

### Cerros Colorados y Aguas Blancas

Del análisis de componentes principales para ambos intrusivos puede decirse que la mayor variabilidad en la composición está dada por la  $\text{SiO}_2$  en la primer componente lo que explica el 77.85 % de la variación total. Los resultados de este análisis se muestran en el cuadro V. La segunda componente está dada principalmente por  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{K}_2\text{O}$  lo que explica el 10.68% de la variación total. La tercer componente principal está dada por la variación de  $\text{Na}_2\text{O}$  vs.  $\text{K}_2\text{O}$ , explicando el 7.18% de la varianza total. Las dos primeras componentes principales tienen asociada el 88.53 % de la varianza total.

De la observación del gráfico de la figura N° 4 puede decirse que este método no permite separar las muestras de ambos intrusivos en función de su composición, si bien las muestras de Cerros Colorados son más ricas en sílice que las de Aguas Blancas.

Las variables involucradas en la variación de composición para los dos intrusivos en conjunto son  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{K}_2\text{O}$ , las que quedarían explicadas trabajando con las dos primeras componentes principales en un 99.89 %, 88.93 % y 36.20 % respectivamente.

En el gráfico del índice de diferenciación Thornton y Tuttle versus  $\text{SiO}_2$  (Grecco 1990), para los granitos de ambos intrusivos, se observa que éstos se ubican en el campo de las rocas sobresaturadas en  $\text{SiO}_2$  con alto grado de diferenciación, con un índice entre 85 y 99.

De ambos, Cerros Colorados es el que tiene mayores índices de diferenciación y es más rico en  $\text{SiO}_2$  con respecto al intrusivo Aguas Blancas. Ambos se ubican sobre una misma trayectoria continua, con un área de solapamiento.

Comparando los resultados de cada intrusivo

con el análisis global, puede decirse que si bien no es posible separarlos composicionalmente por este método, las variables  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y  $\text{K}_2\text{O}$ , están involucradas en ambos y son las que muestran mayor variabilidad.

Por lo tanto, si bien los componentes involucrados en la variación composicional son prácticamente los mismos en ambos intrusivos, la relación entre los elementos es diferente.

La variación en Cerros Colorados está caracterizada por la  $\text{SiO}_2$  vs.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  +  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{Na}_2\text{O}$  +  $\text{CaO}$  vs.  $\text{K}_2\text{O}$  y en Aguas Blancas por la abundancia de  $\text{SiO}_2$  +  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y en segundo lugar por  $\text{Al}_2\text{O}_3$  +  $\text{K}_2\text{O}$ .

La actividad hidrotermal postmagmática que afectó a ambos intrusivos, está representada por fenómenos de albitización, biotitización, sericitización y silificación. De estos procesos la albitización y biotitización son predominantes en Cerros Colorados y la sericitización y silificación en Aguas Blancas.

CUADRO V

Variables	Cerros Colorados y Aguas Blancas		
	CP 1	CP 2	CP 3
$\text{SiO}_2$	-0.99943	0.00621	0.03295
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0.07471	-0.94009	0.32533
$\text{Na}_2\text{O}$	0.23049	0.01928	0.75807
$\text{K}_2\text{O}$	-0.29967	-0.52843	-0.77481
$\text{CaO}$	0.37503	0.02417	0.32928
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.04037	0.00011	-0.03616
$\text{MgO}$	-0.31931	-0.04215	0.08373
$\text{TiO}_2$	0.39628	0.36989	-0.22361

Habiéndose detectado diferencias altamente significativas ( $F_{(6, 17)} = 4.74$ ) entre los dos cuerpos graníticos estudiados, se utilizó el análisis discriminante para hallar una función de las variables involucradas que sirva como separadora de los dos conjuntos.

Las variables seleccionadas por este método fueron  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{K}_2\text{O}$ , en ese orden, ya que presentaron valores de F mayores que 4.  $F(\text{SiO}_2) = 10.8$ ;  $F(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 13.0$  y  $F(\text{K}_2\text{O}) = 8.1$ . Las restantes dieron valores menores que dos.

La función discriminante calculada es:

$$D = 1.0073\text{SiO}_2 + 3.051\text{K}_2\text{O} - 7.051\text{Fe}_2\text{O}_3 - 84.687$$

Si D resulta mayor que cero, la muestra es clasificada en Cerros Colorados, en caso contrario en Aguas Blancas.

Los porcentajes de clasificación fueron 86.7 % para Cerros Colorados y 90.9 % para Aguas Blancas.

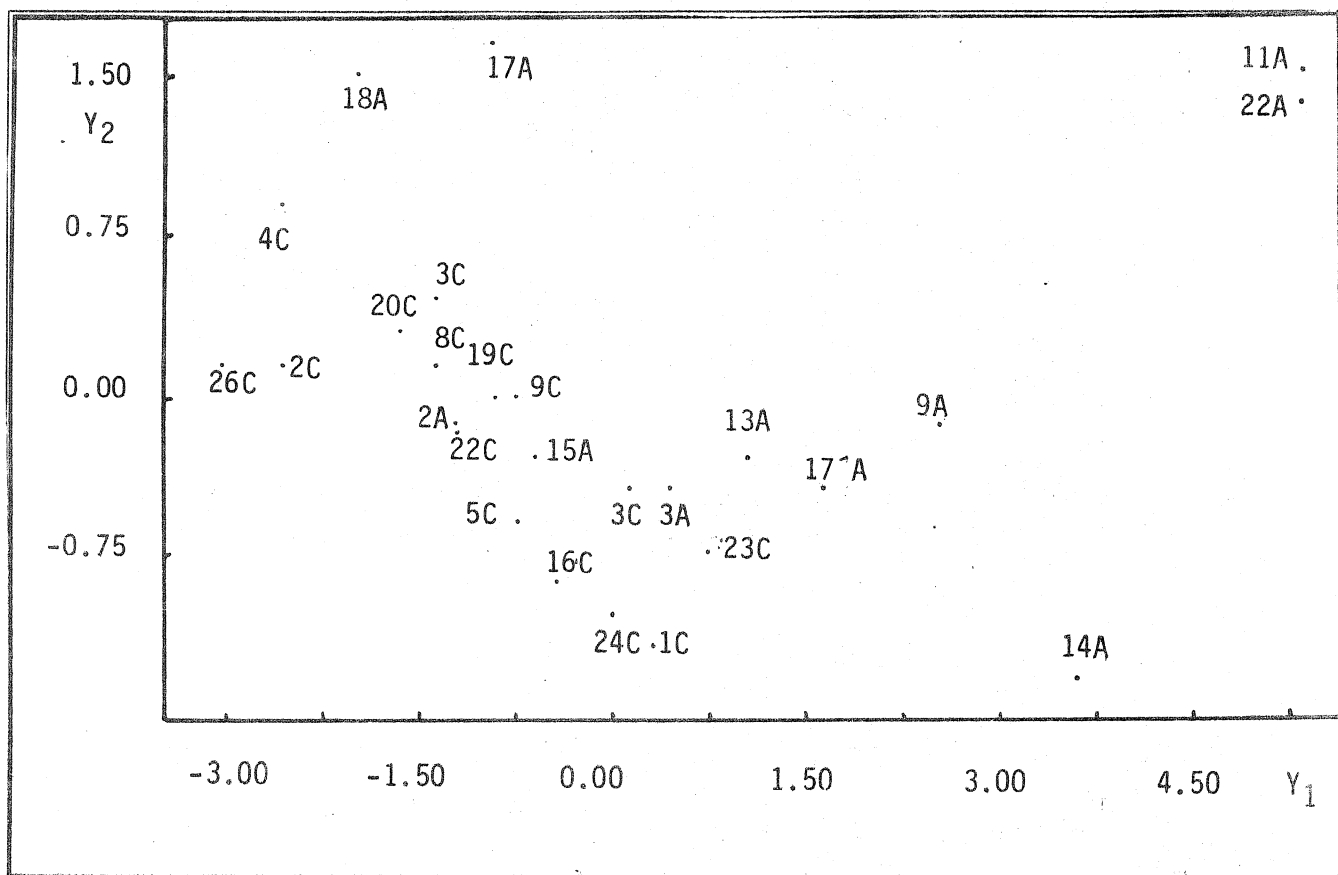


Figura N°4

Blancas. (Cuadro II).

La representación gráfica de las muestras en el eje discriminante se muestra en la figura N° 5.

De este análisis puede decirse que las muestras del intrusivo Cerros Colorados son más ricas en  $\text{SiO}_2$  y  $\text{K}_2\text{O}$  que las de Aguas Blancas y más pobres en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Desde el punto de vista mineralógico, los granitos de Cerros Colorados se caracterizan por presentar mayor abundancia de feldespato potásico y menor contenido de biotita que los de Aguas

#### CONCLUSIONES

1. Del análisis por el método de Componentes Principales, puede decirse que de los elementos mayoritarios analizados, los que muestran mayor variabilidad son  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{K}_2\text{O}$  en ambos intrusivos; interviniendo además en Cerros Colo-

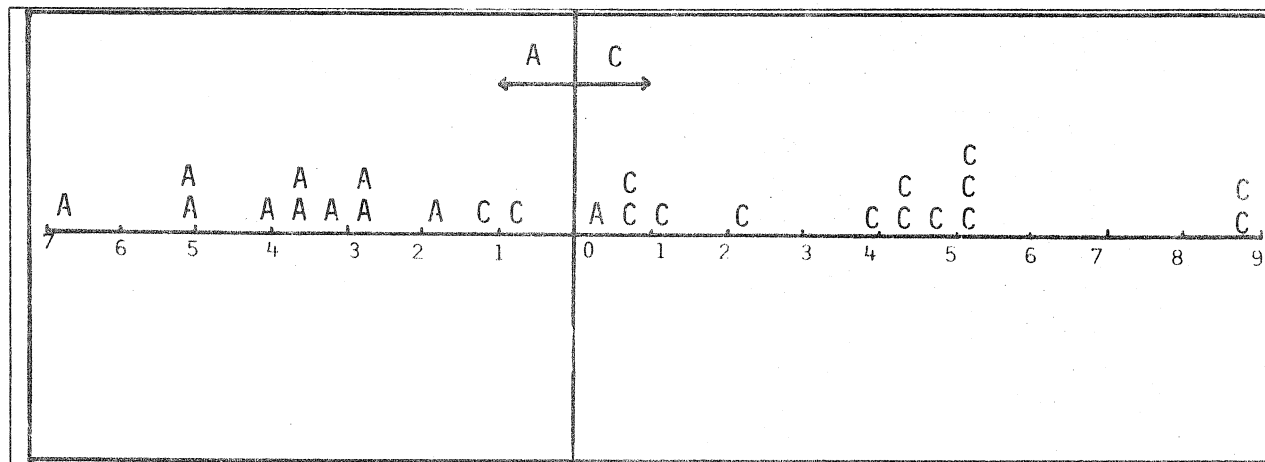


Figura N°5



rados,  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{CaO}$ .

2. La presencia de estos dos últimos en Cerros Colorados, se debe al fenómeno de albitización que afectó dicho intrusivo.

3. Las dos primeras componentes principales y la correlación existente entre las variables, para el intrusivo Cerros Colorados, expresan, de acuerdo a lo revelado sobre bases petrográficas-geoquímicas, la ausencia de un proceso de fraccionamiento magmático, que estaría caracterizado, desde el punto de vista mineralógico, por la variación contrapuesta en el contenido de biotita + plagioclasa cálcica respecto de cuarzo + feldespato potásico.

4. Además, el análisis discriminante permitió diferenciar ambos intrusivos por el contenido de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , siendo los dos primeros mayores en Cerros Colorados; esto se evidencia en la mayor abundancia de feldespato potásico. El mayor porcentaje de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  en Aguas Blancas, se debe a la presencia de biotita.

5. Si bien se encontraron algunas variaciones en la composición química de ambos intrusivos, éstas no resultan suficientes para diferenciarlos en base a las mismas.

#### AGRADECIMIENTOS

A la Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Buenos Aires por el apoyo brindado, a la Dra. Nélida Winzer y al Lic. Ricardo Camina del Dpto. de Matemática de la UNS por el asesoramiento estadístico y a la Dra. Graciela Mas del Dpto. de Geología de la UNS por la lectura crítica del manuscrito.

#### LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO.

CHAPPELL, B. y A.J. WHITE, 1974. Two contrasting granite types. Pacific Geology 8: 173-174.  
COLLINS, W.J.; S. D. BEANS; A.J.R. WHITE y B.W. CHAPPELL, 1982. Nature and origin of A - type granites with particular reference to southeastern Australia. Contrib. Mineral Petrol. 80: 189-200.  
GRECCO, L.E., 1990. Geoquímica y Petrología de los intrusivos graníticos Cerros Colorados y Aguas Blancas, Sierras Australes, Prov. de Buenos Aires, Argentina. Tesis Doctoral. Ined. Biblioteca Central. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca.  
JOHNSON, R. y D. WICHERN, 1982. Applied Multivariate Statistical Analysis. Prentice Hall. New Jersey. Cap. 10 p. 461-530.  
LAMEYRE, L. y P. BOWDEN, 1982. Plutonic rock types series: discrimination of various granitoid series and related rocks. J. Volcanol. Geotherm. Res., 14:

169-186.

STRECKEISEN, A.L., 1974. Plutonic rocks: classification and nomenclature recommended by the IUGS Subcomision of the systematics of igneous rocks. Geotimes, 18: 26-30.

SUEROT., 1960. Compilación geológica de las Sierras Australes de la prov. de Bs. As. Ministerio de Obras Públicas. Laboratorio de Ensayo de Materiales e Investigaciones Tecnológicas. División Geológica. LEMIT. Serie II. N° 216.

TERUGGI, M.E., 1980. Clasificación de las rocas ígneas según la subcomisión de sistemática de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (ECAL).  
VON GOSEN, W., W. BUGGISCH y L. DIMIERI, 1990. Structural and metamorphic evolution of the Sierras Australes, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Geologische Rundschau. 79/3: 797-821. Stuttgart.